

Edison Spa

Sede Legale  
Foro Buonaparte, 31  
20121 Milano  
Tel. +39 02 6222.1

Centrale Termoelettrica  
Viale della Resistenza, 2  
57025 Piombino LI  
Tel. +39 0565 64.809

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e  
del Mare - Direzione Generale Valutazioni Ambientali

E.prot DVA - 2010 - 0031015 del 22/12/2010



Spett.le  
**MINISTERO DELL'AMBIENTE E  
DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL  
MARE**

Direzione Generale per la Salvaguardia Ambientale  
Divisione VI - Rischio Industriale - Prevenzione e  
Controllo integrati dell'inquinamento  
Via C. Colombo 244  
00147 ROMA

**ISPRA**  
Via Vitaliano Brancati, 48  
00147 ROMA

**ARPAT**  
Via N. Porpora, 22  
50144 FIRENZE

**ARPAT**  
Servizio Sub-Provinciale di Piombino  
Via Adige, 12  
Loc. Montegemoli  
57025 PIOMBINO (LI)



Piombino, 14 dicembre 2010

**PU-2092-15.12.2010**



**Oggetto: Autorizzazione integrata ambientale per l'esercizio della centrale termoelettrica della Edison S.p.A. di Piombino - Studio finalizzato all'analisi degli assetti di esercizio dell'impianto CET2 a seconda del mix di combustibili impiegato**

In relazione a quanto prescritto al capitolo 9.3 del Parere Istruttorio, di seguito trovate lo studio di cui all'oggetto.

La produzione di gas d'altoforno disponibile per la Centrale di Piombino storicamente si attesta in 275.000 Nm<sup>3</sup>/h medi, suddivisi in 130.000 Nm<sup>3</sup>/h per le due caldaie di CET2 e 145.000 Nm<sup>3</sup>/h per CET3. Analogamente la disponibilità media di gas coke storica è di 8.300 Nm<sup>3</sup>/h, ripartita in 500 Nm<sup>3</sup>/h per CET2 e 7.800 Nm<sup>3</sup>/h per CET3.

L'assetto storico di riferimento sopra indicato (definito in AIA "caso I") rappresenta la tipica marcia delle centrali nelle normali condizioni di produzione di acciaio dello stabilimento siderurgico Lucchini, così come registrato nel periodo 2005-2008, prima cioè della crisi del settore con conseguente riduzione della produzione dell'acciaieria e minor produzione di gas siderurgico.

C.P. 10786 - 20110 MI  
Telex 312501 EDISON-I  
www.edison.it

Capitale Soc. euro 4.273.076.904,00 i.v.  
Reg. Imprese di Milano e C.F. 06722600019  
Partita IVA 08263330014 - REA di Milano 1698754

### Caso 1

Afo	Coke	Metano	Olio	O2 rif	O2 reale	Portata volumetrica fumi secchi	Portata massica fumi umidi
Nm3/h	Nm3/h	Nm3/h	kg/h	%	%	Nm3/h	kg/h
<b>CET2</b>							
130.000	500	2.000	8.830	3	4,5	377.455	549.830
<b>CET3</b>							
145.000	7.800	22.163	-	15	13,4	1.202.622	1.660.581

Per le differenti realtà costruttive, progettuali e di funzionamento, la fornitura dei gas siderurgici è per quanto possibile stabile in termini di portata verso CET3, mentre CET2 utilizza i rimanenti gas disponibili con la conseguente variabilità. A ciò si aggiunge anche la variabilità della composizione dei gas siderurgici in funzione del processo e delle esigenze dell'acciaieria.

Infine si ricorda che CET2, la cui produzione elettrica e di vapore è totalmente ceduta allo stabilimento Lucchini, ha un carico fortemente oscillante dipendente appunto dall'assorbimento elettrico dello stabilimento.

Inoltre CET2 e CET3 sono fortemente influenzati dalle disponibilità dei gas siderurgici, dipendenti sia dalla produzione dello stabilimento (mercato dell'acciaio), che dalla loro distribuzione, sempre di competenza Lucchini, ai vari utilizzatori nel sito (cokeria, riscaldatori aria Altoforno, centrali Edison, ecc.).

Sono stati inoltre identificati altri due assetti produttivi corrispondenti a ben noti eventi:

a) Fermata per manutenzione di un gruppo di CET2 alla volta di 15 giorni cadauno (definito in AIA "caso 2"), corrispondenti ad una riduzione del 50% per un mese della capacità totale di CET2.

### Caso 2

Afo	Coke	Metano	Olio	O2 rif	O2 reale	Portata volumetrica fumi secchi	Portata massica fumi umidi
Nm3/h	Nm3/h	Nm3/h	kg/h	%	%	Nm3/h	kg/h
<b>CET2</b>							
65.000	250	1.000	4.415	3	4,5	188.728	274.915

b) Fermata accidentale dell'Altoforno Lucchini (definito in AIA "caso3") con conseguente indisponibilità di gas AFO sia per CET2 che per CET3. In questo caso la marcia di CET3 sarà a solo gas naturale e solo parte del gas coke disponibile potrà essere bruciato in CET2.

### Caso 3

Afo	Coke	Metano	Olio	O2 rif	O2 reale	Portata volumetrica fumi secchi	Portata massica fumi umidi
Nm3/h	Nm3/h	Nm3/h	kg/h	%	%	Nm3/h	kg/h
<b>CET2</b>							
0	16.000 (*)	4000	6.000	3	4,5	203.266	300.850
<b>CET3</b>							
0	0	35.778	-	15	14,3	978.295	1.344.700

(\*) a seguito dei nuovi limiti imposti dall'AIA, ed in particolare il limite per NOx, il valore di portata coke utilizzabile in CET2 in questo Caso sarà pari a circa 6.000 Nm3/h per caldaia, con eventuale eccedenza di gas coke che dovrà essere gestito da Lucchini.

Nella definizione della capacità produttiva dell'impianto si è considerato che le centrali funzionino 8.760 ore/anno, suddivise come segue:

	CET2	CET3 (*)
Caso 1	7.640	8.096
Caso 2	720	-
Caso 3	400	400

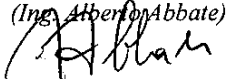
(\*) CET3 è previsto che resti ferma per manutenzione tipicamente per 11 giorni (264 ore) all'anno.

Per quanto sopra, si può affermare che gli assetti reali di funzionamento delle centrali ed in particolare quello di CET2 sono in realtà un mix dei tre casi sopra esposti e già contemplati in AIA, anche se ogni caso è a sua volta soggetto alla variabilità nel tempo sia della quantità e qualità dei combustibili siderurgici, che del carico elettrico e dal vapore richiesti dallo stabilimento.

Per valutare la fattibilità di un controllo delle emissioni in atmosfera in CET2 conforme alle norme fissate per gli impianti multicomcombustibile del D.Lgs 152/06 è stato commissionato uno studio alla Facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata" (Proff. Marco Gambini, Michela Vellini), che inviamo allegato alla presente, i cui risultati portano a concludere che l'impiego dei limiti dinamici in CET2 non risulta tecnicamente proponibile.

Riteniamo pertanto che sulla base di quanto sopra CET2 (camino E1) manterrà il rispetto dei limiti fissi così come prescritto al capitolo 9.3, anche se più restrittivi rispetto a quelli che sarebbero derivati dall'applicazione della media ponderata.

A disposizione per ogni ulteriore chiarimento, inviamo distinti saluti.

EDISON S.p.A.  
(Ing. Alberto Abbate)  


Allegati: Valutazione della fattibilità di un controllo delle emissioni in atmosfera della centrale CET2 di Piombino - Edison S.p.A. basato sul limite dinamico.

PROF.ING. MARCO GAMBINI  
ORDINARIO DI "CENTRALI TERMoeLETTRICHE"  
FACOLTÀ DI INGEGNERIA - INDUSTRIALE  
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ROMA "TOR VERGATA"

PROF.ING. MICHELA VELLINI  
ASSOCIATO DI "SISTEMI PER L'ENERGIA E L'AMBIENTE"  
FACOLTÀ DI INGEGNERIA - INDUSTRIALE  
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ROMA "TOR VERGATA"

*Valutazione della fattibilità  
di un controllo delle emissioni in atmosfera  
della centrale CET2 di Piombino - EDISON S.p.A.  
basato su limite dinamico*

*Roma, 20 settembre 2010*

---

## SOMMARIO

Nel presente lavoro è stata condotta un'analisi di fattibilità di un controllo delle emissioni in atmosfera dalla centrale CET2 di Piombino conforme alle norme fissate per gli impianti multi combustibile dalla Parte I, Allegato II alla Parte V del D.Lgs. n.152/06.

Il limite di emissione calcolato seguendo tali norme corrisponde ad un **limite dinamico**, cioè dipendente dal tempo dal momento che dipendono dal tempo le frazioni di apporto termico da ciascun combustibile che risultano alla base della sua valutazione.

Tale procedura è però rigorosamente valida solo se le misure effettuate all'istante  $t$  che concorrono a determinare le frazioni di apporto termico forniscono l'effettivo mix di combustibile che ha determinato l'emissione al camino misurata nello stesso istante di tempo.

**Nel caso specifico della CET2, dove l'alimentazione avviene con mix di combustibili rapidamente variabili nel tempo in quantità e qualità, la fattibilità di un limite dinamico alle emissioni comporta necessariamente una valutazione dell'influenza degli sfasamenti temporali, connessi ai tempi di risposta della strumentazione ed ai tempi di percorrenza dei fluidi (combustibili, fumi) tra i diversi punti di misura (portate, poteri calorifici, emissioni), sul valore delle grandezze che determinano il limite dinamico stesso e cioè sui valori delle frazioni di apporto termico dei singoli combustibili.**

Nel lavoro, pertanto, si è proceduto alla valutazione degli sfasamenti temporali sopra citati e quindi al calcolo delle differenze percentuali tra frazioni di apporto termico valutate all'istante  $t_0$  di campionamento dell'emissione e frazioni di apporto termico che hanno effettivamente determinato tale emissione e quindi valutate tenendo conto degli sfasamenti temporali determinati dai tempi di risposta della strumentazione e dai tempi di percorrenza dei fluidi.

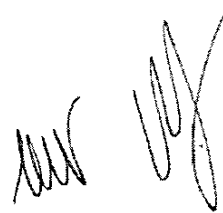
**I risultati emersi dalle indagini condotte evidenziano che l'emissione misurata al camino ad un certo istante è frutto di un mix di alimentazione completamente diverso da quello derivante dalle misurazioni condotte nello stesso istante di tempo. Quanto affermato emerge dal confronto tra frazioni di apporto termico calcolate da misure effettuate contemporaneamente a quelle relative alle emissioni e frazioni di apporto termico calcolate da misure effettuate in tempi sfalsati rispetto alle emissioni per tener conto dei tempi di risposta della strumentazione e dei tempi di percorrenza dei fluidi (e quindi le reali frazioni di apporto termico che danno luogo all'emissione misurata): in tutte le elaborazioni effettuate, sia in termini istantanei che su base di media oraria, sono emerse differenze percentuali tra dette frazioni di apporto termico anche superiori al 100% dimostrando così la completa inattendibilità e quindi la non proponibilità tecnica del metodo basato su limite dinamico. Non risulta, infatti, proponibile elaborare limiti di emissione dinamici su base oraria, e quindi su base 48 ore e mensili, se tali elaborazioni sono affette da errori inammissibili dal punto di vista tecnico. È altresì da considerare che anche dal punto di vista dell'operatore, che gestisce la centrale per mantenere i limiti di emissione entro i valori stabiliti, non disporre di valori puntuali e medi orari attendibili risulta decisamente non sostenibile.**

Quanto emerso dallo studio condotto trova, peraltro, conferma nelle indicazioni contenute nel par. 4.3.3. delle *Linee guida recanti i criteri per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili ex art. 3, comma 2 del decreto legislativo 372/99 - Linee guida relative ad impianti esistenti per le attività rientranti nelle categorie IPPC: 1.1. Impianti di combustione con potenza termica di combustione di oltre 50MW.*

Sulla base di quanto sopra si è concluso pertanto che un sistema di un **controllo delle emissioni in atmosfera dalla centrale CET2 di Piombino basato su limite dinamico**, conformemente alle norme fissate per gli impianti multi combustibile dalla Parte I, Allegato II alla Parte V del D.Lgs. n.152/06, **non risulta tecnicamente proponibile.**

**DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO**

- *Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n.152*
- *Linee guida recanti i criteri per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili ex art. 3, comma 2 del decreto legislativo 372/99*
- *Commissione Istruttoria IPPC – CTE EDISON Piombino*
- *Documenti di prova sui tempi di risposta dei gas cromatografi*
- *Documenti di prova sui tempi di risposta degli analizzatori fumi*
- *Schemi impiantistici di CET2 riguardanti i percorsi combustibili-fumi e relative sezioni di passaggio.*
- *Norma AFNOR NF EN 15267-3-2008-02*
- *Lettera EDISON del 12/2/2010 Rif.to ASEE/Get3-PU-132*

Two handwritten signatures in black ink, one on the left and one on the right, appearing to be initials or names.

### 1. PREROGATIVE DI UN CONTROLLO DELLE EMISSIONI BASATO SU LIMITE DINAMICO IN RELAZIONE ALLE CARATTERISTICHE DI ALIMENTAZIONE DELLA CET2

Conformemente a quanto stabilito al §3 della Parte I dell'Allegato II alla Parte V del DLgs. 152/06 il limite di emissione di ciascun inquinante deve essere determinato (§3.2) tramite la seguente procedura:

- a) individuazione del valore limite di emissione relativo a ciascun combustibile ed a ciascun inquinante, corrispondente alla potenza termica nominale dell'impianto secondo quanto stabilito dalla Parte II, sezioni da 1 a 6;
- b) determinazione dei valori limite di emissione ponderati per combustibile, i quali si ottengono moltiplicando ciascuno dei valori limite di emissione di cui alla lettera a) per la potenza termica fornita da ciascun combustibile e dividendo il risultato di ciascuna moltiplicazione per la somma delle potenze termiche fornite da tutti i combustibili;
- c) addizione dei valori limite di emissione ponderati per combustibile.

Il limite di emissione calcolato con la suddetta procedura diventa pertanto un **limite dinamico**, cioè dipendente dal tempo dal momento che dipendono dal tempo le frazioni di apporto termico da ciascun combustibile. Ad esempio, facendo riferimento alle emissioni di SO<sub>2</sub> ed ai quattro combustibili di alimentazione della CET2 (olio combustibile, gas naturale, gas AFO e gas COKE), si ottiene:

$$SO_2 \text{ limite}(t) = \frac{\sum_{k=1}^4 SO_2 \text{ limite}_k \cdot m_{k(t)} \cdot H_{i_{k(t)}}}{\sum_{k=1}^4 m_{k(t)} \cdot H_{i_{k(t)}}} = \sum_{k=1}^4 SO_2 \text{ limite}_k \cdot F_{k(t)}$$

dove:

$k = 1,4$  indice che individua ciascuno dei quattro tipi di combustibile di alimentazione della CET2;

$m_{k(t)}$  portata del combustibile  $k$ , dipendente dal tempo  $t$ ;

$H_{i_{k(t)}}$  potere calorifico del combustibile  $k$ , dipendente dal tempo  $t$ ;

$F_{k(t)}$  frazione di apporto termico del combustibile  $k$ , dipendente dal tempo  $t$ ;

Per le frazioni di apporto termico risulta:

$$F_{k(t)} = \frac{m_{k(t)} \cdot H_{i_{k(t)}}}{\sum_{k=1}^4 m_{k(t)} \cdot H_{i_{k(t)}}}$$

$$\sum_{k=1}^4 F_{k(t)} = 1$$

Attraverso le relazioni precedenti si calcola pertanto il limite dinamico  $SO_2 \text{ limite}(t)$  e si procede alla verifica:

$$SO_2 \text{ misurato}(t) < SO_2 \text{ limite}(t)$$

Tale procedura è però rigorosamente valida solo se le misure effettuate all'istante  $t$  che concorrono a determinare le frazioni di apporto termico  $F_k(t)$  forniscono l'effettivo mix di combustibile che ha determinato l'emissione al camino (nel caso preso in esame con l' $SO_2 \text{ misurato}(t)$ ) misurata nello stesso istante di tempo.

E' evidente che ciascuno strumento di misura (analizzatori fumi al camino, gas cromatografi, misuratori di portata) è caratterizzato da diversi tempi di risposta ed inoltre che esistono tempi di percorrenza dei fluidi tra i diversi strumenti (ad esempio, tempi di percorrenza dei combustibili tra punti di misura di portata e potere calorifico e bruciatori-camera di combustione, tempi di percorrenza dei fumi tra camera di combustione e camino).

Di conseguenza se la misura delle emissioni avviene in un istante  $t_0$ , le effettive frazioni di apporto termico che hanno determinato questa emissione non sono propriamente quelle misurata allo stesso istante  $t_0$  ma in istanti diversi che tengono conto dei suddetti sfasamenti temporali. Quindi, ai fini di una corretta valutazione del limite dinamico, sarebbe necessario, a rigore, correlare tra loro grandezze misurate in istanti diversi. In particolare, facendo riferimento ad esempio a valori istantanei (discorso analogo vale per gli intervalli di tempo con i quali calcolare i valori medi) e, sempre come esempio, all'emissione di  $SO_2$ , tale limite dovrebbe essere calcolato attraverso:

$$SO_2 \text{ limite}(t_0) = \sum_{k=1}^4 SO_2 \text{ limite}_k \cdot F_k(t_0 - \Delta t_k)$$

con:

$$F_k(t_0 - \Delta t_k) = \frac{m_k(t_0 - \Delta t_k) \cdot H_{i_k(t_0 - \Delta t_k)}}{\sum_{k=1}^4 m_k(t_0 - \Delta t_k) \cdot H_{i_k(t_0 - \Delta t_k)}}$$

al fine di verificare che risulti:

$$SO_2 \text{ misurato}(t_0) < SO_2 \text{ limite}(t_0)$$

Nelle suddette relazioni si è posto:

$k = 1,4$  indice che individua ciascuno dei quattro tipi di combustibile di alimentazione della CET2;



- $t_0$  istante di campionamento della misura della specifica emissione al camino;
- $\Delta t_{1k}$  intervallo di tempo comprendente tre aliquote:
- il ritardo di misura dell'analizzatore in continua  $t_{RA}$  (cioè il tempo che intercorre tra  $t_0$  e l'istante in cui la porzione dei fumi da analizzare è stata prelevata al camino);
  - il tempo di percorrenza  $t_{percorrenza 1}$  impiegato dalla porzione di combustibile  $k$  per raggiungere la camera di combustione a partire dal punto di misura della portata;
  - il tempo di percorrenza  $t_{percorrenza 2}$  impiegato dalla porzione di fumi per raggiungere il punto di prelievo al camino a partire dalla camera di combustione.
- $\Delta t_{2k}$  intervallo di tempo ottenibile sommando a  $\Delta t_{1k}$  lo sfasamento temporale tra la misura di portata del combustibile  $k$  e la misura del potere calorifico dello stesso combustibile valutabile attraverso il ritardo di misura del gascromatografo;
- $m_{k(t_0 - \Delta t_{1k})}$  portata del combustibile  $k$  misurata all'istante  $t_0 - \Delta t_{1k}$ ;
- $H_{k(t_0 - \Delta t_{2k})}$  potere calorifico del combustibile  $k$  misurato all'istante  $t_0 - \Delta t_{2k}$ ;

Nelle correlazioni di cui sopra, per semplicità, si è fatto riferimento ai valori istantanei. Un discorso del tutto analogo vale per gli intervalli di tempo sui quali calcolare i valori medi. Ad esempio, facendo riferimento ai valori medi orari (che risultano di base per calcolare i valori medi giornalieri, sulle 48 ore, sui 7 giorni, mensili, etc.), tali valori andrebbero calcolati su periodi pari ad un'ora ma sfalsati tra loro di  $\Delta t_{1k}$  e  $\Delta t_{2k}$  (fig.1). In particolare:

- $t_0 + 1h$  ora sulla quale calcolare la media delle emissioni;
- $t_0 - \Delta t_{1k} + 1h$  ora sulla quale calcolare la media della portata del combustibile  $k$ ;
- $t_0 - \Delta t_{2k} + 1h$  ora sulla quale calcolare la media del potere calorifico del combustibile  $k$ .

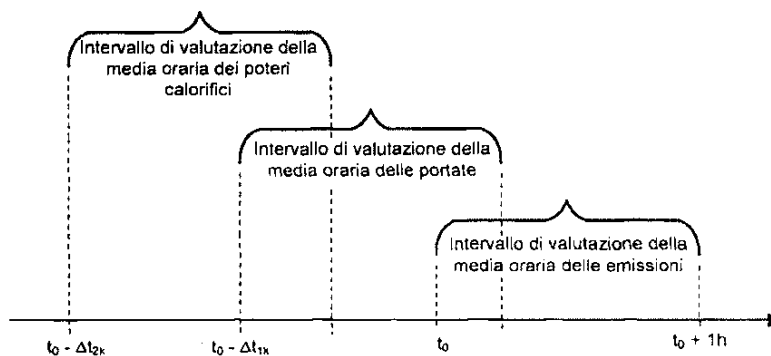


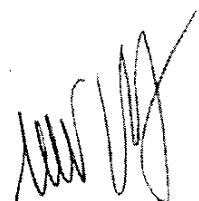
Fig.1 – Intervalli di valutazione dei parametri medi orari

*[Firma]*

Nel caso comunque di impianti alimentati con combustibili relativamente stabili in quantità e qualità i suddetti sfasamenti temporali inducono incertezze contenute e quindi è fattibile l'applicazione di un limite dinamico.

***Nel caso specifico della CET2, invece, dove l'alimentazione avviene con mix di combustibili rapidamente variabili nel tempo in quantità e qualità, la fattibilità di un limite dinamico alle emissioni comporta necessariamente una valutazione dell'influenza dei suddetti sfasamenti temporali sul valore delle grandezze che determinano il limite dinamico stesso e cioè sui valori delle frazioni di apporto termico dei singoli combustibili.***

Nel seguito, pertanto, si procederà alla valutazione degli sfasamenti temporali sopra citati e quindi al calcolo delle differenze percentuali tra frazioni di apporto termico valutate all'istante  $t_0$  di campionamento dell'emissione e frazioni di apporto termico che hanno effettivamente determinato tale emissione e quindi valutate tenendo conto degli sfasamenti temporali determinati dai tempi di risposta della strumentazione e dai tempi di percorrenza dei fluidi.



## 2. DETERMINAZIONE DEI TEMPI DI RISPOSTA DELLA STRUMENTAZIONE

La strumentazione coinvolta nella misura delle emissioni e nel calcolo del limite dinamico consiste in: misuratori di portata dei combustibili ed analizzatori (gascromatografi e analizzatori fumi).

Per quanto riguarda i misuratori di portata (dispositivi a strozzamento per i gas combustibili e contatori volumetrici per l'olio) i tempi di risposta risultano del tutto trascurabili per cui non si rendono necessarie ulteriori valutazioni.

Per quanto riguarda invece gli analizzatori (gascromatografi e analizzatori fumi) sono state condotte in campo opportune prove per determinarne i relativi tempi di risposta.

Le tabb. 1 e 2 riportano i parametri caratteristici emersi dalle prove effettuate sui gas cromatografi dei gas siderurgici e del gas naturale.

STRUM	1	2	3	4	1	2
	AZOTO	AZOTO	AZOTO	AZOTO	MISCELA	MISCELA
GCC AFO	INIEZIONE AZOTO ORE 11,58	INIEZIONE AZOTO ORE 12,04	INIEZIONE AZOTO ORE 12,12	CAMBIO AZOTO / MISCELA ORE 12,20	INIEZIONE MISCELA ORE 12,26	INIEZIONE MISCELA ORE 12,35
	LETTURA CROMATOGRAMMA 12,04: PCI AFO 632	LETTURA CROMATOGRAMMA 12,12: N 98,3% - PCI AFO 18,3	LETTURA CROMATOGRAMMA 12,20: N 99,5 - PCI 3,06	LETTURA CROMATOGRAMMA 12,28: N 99,5 - PCI 3,13	LETTURA CROMATOGRAMMA 12,36: H 3,82% / CO2 21,3% / N 52,9% / CO 21,8% - PCI 758	LETTURA CROMATOGRAMMA 12,44: H 3,81% / CO2 21,5% / N 52,8% / CO 21,8% - PCI 755
GCC COKE	INIEZIONE AZOTO ORE 17,85	INIEZIONE AZOTO ORE 18,07	INIEZIONE AZOTO ORE 18,19	CAMBIO AZOTO / MISCELA ORE 18,31	INIEZIONE MISCELA ORE 18,43	INIEZIONE MISCELA ORE 18,55
	LETTURA CROMATOGRAMMA 18,07: PCI COKE 4470	LETTURA CROMATOGRAMMA 18,19: N 98,80% - PCI COKE 470,5	LETTURA CROMATOGRAMMA 18,31: N 99,27 - PCI COKE 16,82	LETTURA CROMATOGRAMMA 18,43: N 99,4 - PCI 13,23	LETTURA CROMATOGRAMMA 18,55: - PCI COKE 4521	LETTURA CROMATOGRAMMA 19,07: - PCI COKE 4538
PCI MISCELA AFO	752					
PCI MISCELA COKE	4542					

Tab.1 – Parametri rilevati durante la prova dei gas cromatografi dei gas siderurgici

STRUM	1	2	3	4	1	2
	AZOTO	AZOTO	AZOTO	AZOTO	MISCELA	MISCELA
GCC METANO	INIEZIONE AZOTO ORE 11,34	INIEZIONE AZOTO ORE 11,43	INIEZIONE AZOTO ORE 11,46	CAMBIO AZOTO / GAS NATUR. ORE 11,43	INIEZIONE GAS NATURALE ORE 11,55	INIEZIONE GAS NATURALE ORE 12,03
	LETTURA CROMATOGRAMMA 11,43: N2 86% - PCI CH4 9,8 MJ	LETTURA CROMATOGRAMMA 11,48: N2 100% - PCI CH4 0	LETTURA CROMATOGRAMMA 11,53: N2 100% - PCI CH4 0	LETTURA CROMATOGRAMMA 11,58: N2 3,20% - PCI 34,3526 MJ	LETTURA CROMATOGRAMMA 12,03: N2 3,20% - PCI 34,3526 MJ	LETTURA CROMATOGRAMMA 12,08: N2 2,56% - PCI 35,8837 MJ
PCI GAS NATURALE	35,9732					

Tab.2 – Parametri rilevati durante la prova del gas cromatografo del gas naturale

I parametri delle prove sono stati elaborati, in analogia con quanto effettuato nei riguardi degli analizzatori fumi, conformemente alla Norma AFNOR NF EN 15267-3:2008-02 (par.10.9) tenuto comunque conto della frequenza di campionamento dei gascromatografi (8 min per il gas AFO, 12 min per il gas COKE e 5 min per il gas naturale) che consente con una certa approssimazione l'individuazione dell'istante in cui si rileva il 90% ed il 10% del gas campione (in questo caso azoto). I risultati di tali elaborazioni, ed in particolare i tempi di risposta in salita  $t_R$  ed i tempi di risposta in discesa  $t_F$ , sono riportati nella seguente tabella 3:

	$t_R$ (min)	$t_F$ (min)
Gas Cromatografo AFO	16	16
Gas Cromatografo COKE	36	24
Gas Cromatografo gas naturale	10	5

Tab.3 – Tempi di risposta dei gascromatografi

Analogamente, i risultati delle prove effettuate sugli analizzatori fumi sono stati elaborati conformemente alla Norma AFNOR NF EN 15267-3:2008-02 (par.10.9). I risultati di tali elaborazioni sono riportati nella seguente tabella 4:

	$t_R$ (s)	$t_F$ (s)
NO <sub>x</sub>	174	170
CO	163	126
SO <sub>2</sub>	136	140
O <sub>2</sub>	148	160

Tab.4 – Tempi di risposta degli analizzatori fumi

Sulla base di quanto riportato nelle tabb.3 e 4, sempre conformemente alla Norma AFNOR NF EN 15267-3:2008-02 (par.10.9), il tempo di risposta di ciascuno strumento è stato assunto pari al maggiore tra i tempi di risposta in salita  $t_R$  ed i tempi di risposta in discesa  $t_F$ .



### 3. DETERMINAZIONE DEI TEMPI DI PERCORRENZA DEI COMBUSTIBILI E DEI FUMI

In merito a tali determinazioni si è proceduto per via numerica acquisendo dagli schemi impiantistici la geometria dei percorsi dei combustibili e dei fumi.

Più in dettaglio, è stato sviluppato un modello di calcolo che, a partire dalle caratteristiche quantitative e qualitative dei combustibili di alimentazione, determina le portate volumetriche dei fluidi nelle sezioni caratteristiche dell'impianto e quindi, date le percorrenze e le sezioni, i tempi di percorrenza di ciascun fluido.

La seguente tabella 5 riporta sinteticamente le percorrenze equivalenti di ciascun combustibile, dal punto di misura della portata ai bruciatori, e dei fumi, dalla camera di combustione agli analizzatori fumi al camino.

	Percorrenze equivalenti (m)
Olio-DN50	14,00
Olio-DN20	9,00
Gas naturale DN 150	14,65
Gas naturale DN100	13,50
Gas naturale torce DN80	11,00
COKE DN300	42,00
AFO DN 1600	46,50
I percorso caldaia	21,00
II percorso caldaia	17,00
Uscita caldaia - camino	61,00

Tab.5 – Percorrenze equivalenti combustibili-fumi

Alcuni dei risultati ottenuti dal modello sono riassunti nella seguente tab.6. In particolare sono riportati quelli riferiti a quattro casi di interesse (casi 1, 2, 3, 4) che, in particolare, corrispondono agli assetti caratteristici che EDISON ha trasmesso al Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare con lettera del 12 febbraio 2010 (rif.: ASEE/Get3 – PU-132).

Dato che i calcoli sono effettuati per caldaia, il CASO 1 ed il CASO 2 (fermata di una caldaia) si equivalgono dal punto di vista della caldaia in funzione.

Assetti	Olio (kg/h)	GN (Nm3/h)	AFO (Nm3/h)	COKE (Nm3/h)	Fumi umidi (kg/h)	Tempo	Tempo
						percorrenza1 Combustibili (s)	percorrenza2 Fumi (s)
CASO 1 CASO 2	4.415	1.000	65.000	250	274.915	Olio: 28,0 GN: 6,4 AFO: 4,9 COKE: 40,3	6,4
CASO 3	3.000	2.000	0	8.000	150.425	Olio: 41,2 GN: 3,2 AFO: 0,0 COKE: 1,3	9,7
CASO 4	500	250	103.500	4.000	325.175	Olio: 247,0 GN: 25,5 AFO: 3,1 COKE: 2,5	5,8

Tab.6 – Tempi di percorrenza in funzione del mix di alimentazione

#### 4. RISULTATI DELLE ELABORAZIONI CONDOTTE

Sulla base degli sfasamenti temporali precedentemente calcolati si è proceduto al calcolo delle differenze percentuali tra frazioni di apporto termico valutate all'istante  $t_0$  di campionamento dell'emissione e frazioni di apporto termico che hanno effettivamente determinato tale emissione (cioè le frazioni di apporto termico valutate tenendo conto dei tempi di risposta della strumentazione e dei tempi di percorrenza dei fluidi).

Al fine di selezionare opportunamente i periodi nei quali effettuare tali valutazioni è stato preso in considerazione l'andamento delle portate dei combustibili di alimentazione della CET2 in tutto l'anno 2009. Tali andamenti, per i quattro combustibili di alimentazione, sono riportati nelle seguenti figg.2-5

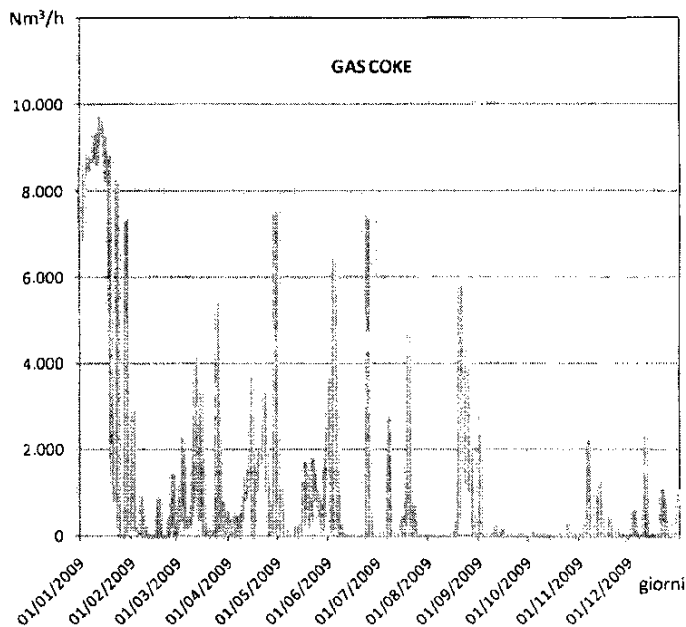


Fig.2 – Andamento della portata media oraria giornaliera di gas COKE (anno 2009)

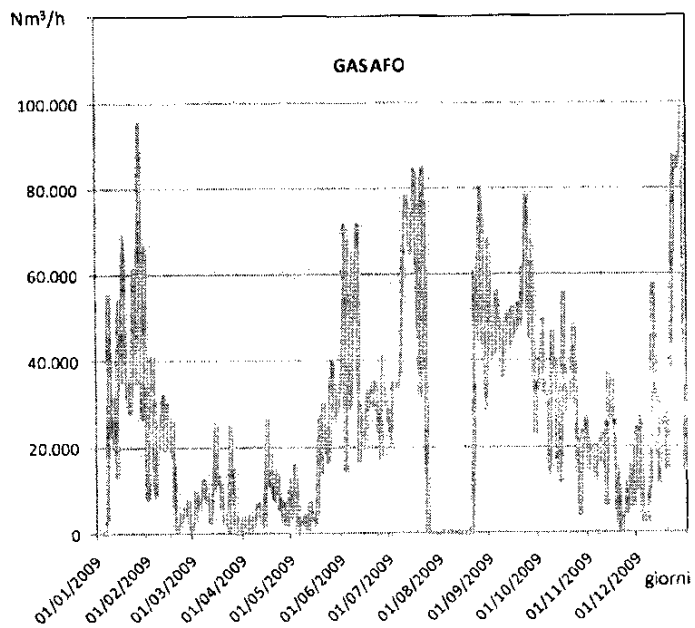


Fig.3 – Andamento della portata media oraria giornaliera di gas AFO (anno 2009)

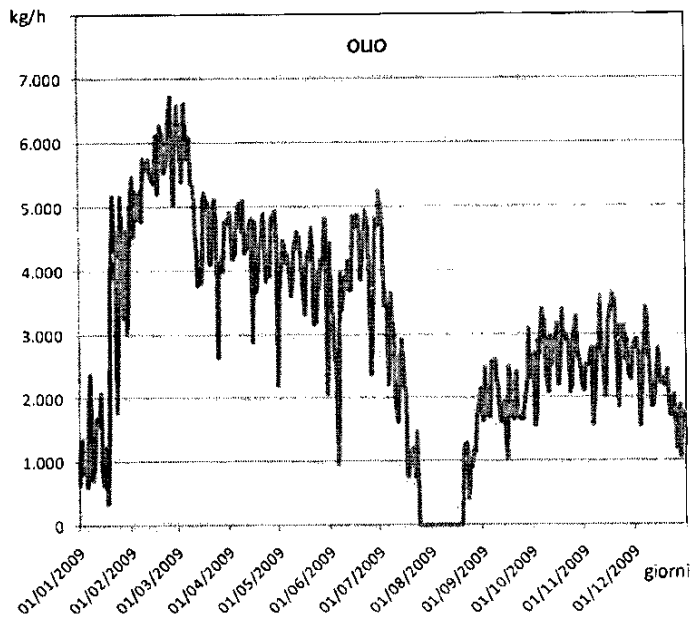


Fig.4 – Andamento della portata media oraria giornaliera di olio (anno 2009)



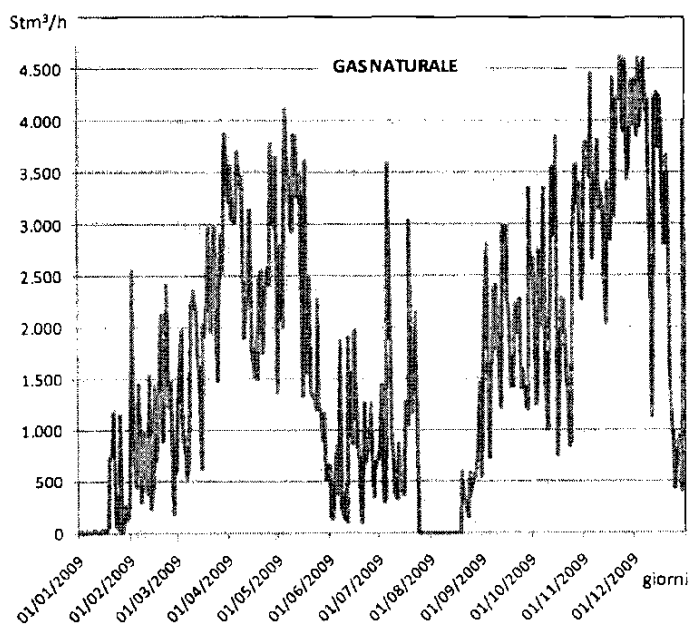


Fig.5 – Andamento della portata media oraria giornaliera di gas naturale (anno 2009)

*Risulta evidente da tali andamenti che la scelta dei periodi sui quali effettuare le valutazioni è del tutto arbitraria in quanto le condizioni di alimentazione sono sempre estremamente variabili non solo per quanto riguarda i combustibili siderurgici ma anche nei riguardi dei combustibili di acquisto (olio e gas naturale).*

Sono stati pertanto esaminati due periodi caratteristici: il primo, relativo al giorno 13/11/2009, in cui si è registrata una repentina interruzione di alimentazione con gas coke (caso peraltro molto frequente come evidenziato dalla Fig. 2), ed il secondo, relativo al giorno 16/11/2009, caratterizzato da costante assenza di tale gas (anche questo caso si verifica frequentemente, Fig.2).

Per tale giorni sono state effettuate sia valutazioni puntuali, attraverso i valori rilevati al minuto, sia valutazioni medie orarie.

Tali valutazioni, come già accennato, hanno in particolare riguardato il calcolo delle differenze percentuali tra frazioni di apporto termico valutate all'istante  $t_0$  di campionamento dell'emissione e frazioni di apporto termico che hanno effettivamente determinato tale emissione (cioè le frazioni di apporto termico valutate tenendo conto dei tempi di risposta della strumentazione e dei tempi di percorrenza dei fluidi).

A riguardo degli sfasamenti temporali assunti nel calcolo occorrono due precisazioni:

- 1) mentre i tempi di risposta della strumentazione possono essere ritenuti costanti, i tempi di percorrenza dei fluidi sono ovviamente variabili in funzione delle portate di combustibile di alimentazione. Si è allora proceduto nel modo seguente: date le portate di alimentazione al tempo  $t_0$  sono stati valutati i tempi di percorrenza dei fluidi e quindi gli sfasamenti  $\Delta t_{1k}$  e  $\Delta t_{2k}$  con i quali calcolare le portate  $m_{k(t_0-\Delta t_{1k})}$  ed i poteri calorifici  $H_{i k(t_0-\Delta t_{2k})}$  che determinano gli effettivi apporti termici da combustibile con cui valutare

il limite dinamico alle emissioni. A riguardo occorre anche notare che il procedimento non è del tutto rigoroso in quanto le portate e quindi i relativi tempi di percorrenza sono variabili nel tempo per cui si dovrebbe procedere al loro calcolo per via iterativa. In altre parole, valutata la velocità del fluido  $v(t_0)$ , funzione della portata misurata al tempo  $t_0$ , e nota la lunghezza di percorrenza  $l_p$ , si dovrebbe calcolare il tempo di percorrenza:

$$t'_p = \frac{l_p}{v(t_0)}$$

e quindi aggiornare la velocità tramite il valore di portata rilevato al tempo  $t_0 - t'_p$  per ricalcolare il tempo di percorrenza:

$$t''_p = \frac{l_p}{v(t_0 - t'_p)}$$

e procedere iterativamente fino ad arrivare in convergenza.

Si è preferito per il momento non appesantire ulteriormente il calcolo adottando tale procedura iterativa rimandando tale ulteriore verifica all'eventualità di un riscontro positivo della fattibilità del limite dinamico con procedura non iterativa;

- 2) gli sfasamenti con cui valutare le frazioni di apporto termico variano per ciascun limite di emissione in quanto sono diversi i tempi di risposta di ciascun analizzatore dei fumi. Anche in questo caso, si è preferito rimandare tali ulteriori valutazioni all'eventualità di un riscontro positivo della fattibilità del limite dinamico per una singola specie inquinante (nel caso  $SO_2$ ).

Sulla base di tali precisazioni vengono nel seguito illustrati i risultati ottenuti dalle elaborazioni condotte.

In fig.6 sono riassunte le condizioni di alimentazione del giorno 13/11/2009.

Nella tabella 7 sono riassunti i risultati delle elaborazioni puntuali effettuate per i dodici minuti dalle ore 1.18 alle ore 1.29 mentre nella tabella 8 e nella fig.7 sono riportati i risultati relativi alle medie orarie dell'intera giornata del 13/11/2009.

***I risultati puntuali evidenziano scostamenti (e quindi errori) percentuali inammissibili: per le percentuali di apporto termico si arriva anche a valori superiori al 300% ma sono anche del tutto rilevanti gli errori sull'apporto termico complessivo alla caldaia (20%-30%). In termini di medie orarie tali errori si attenuano ma rimangono comunque inammissibili ai fini di una precisa valutazione del limite dinamico.***

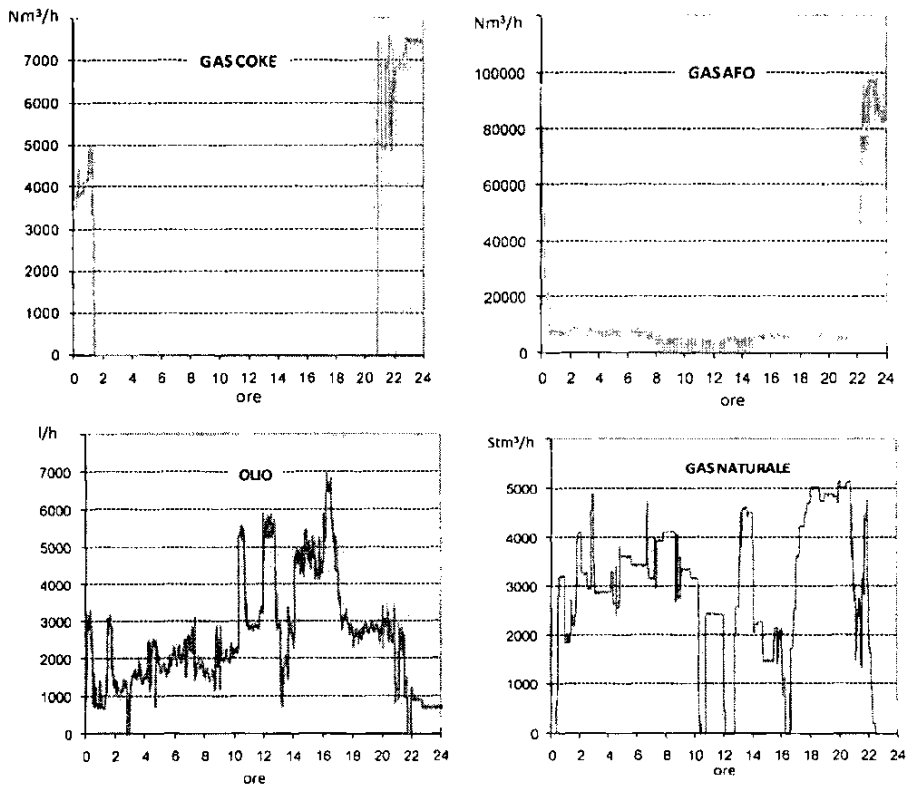


Fig.6 – Condizioni di alimentazione del giorno 13/11/2009

ora	errori percentuali %				
	potenza termica	% COKE	% AFO	% GN	% olio
01:18	-1,66	0,54	-12,22	1,87	<b>3,85</b>
01:19	5,41	9,55	-16,07	-5,00	-2,69
01:20	18,34	24,14	24,29	-15,22	-28,39
01:21	7,75	36,33	3,27	-7,43	-42,57
01:22	-6,37	34,39	12,71	-4,57	-43,16
01:23	-9,89	9,90	23,50	-0,35	-28,03
01:24	<b>17,43</b>	<b>327,48</b>	<b>-26,72</b>	-23,76	-43,98
01:25	-2,88	266,07	10,55	-22,86	-44,82
01:26	9,97	168,39	-1,75	<b>-32,41</b>	-5,44
01:27	<b>-26,61</b>	100,00	<b>45,58</b>	16,72	-43,93
01:28	-20,08	100,00	22,89	<b>43,09</b>	<b>-56,40</b>
01:29	-3,05	100,00	10,48	27,11	-44,05

Tab. 7 – Errori % sui valori puntuali delle frazioni di apporto termico 13/11/2009 ore 01:18 – 01:29

media oraria	potenza termica	errori percentuali %			
		% COKE	% AFO	% GN	% olio
1	<b>3,70</b>	-2,83	<b>13,77</b>	-6,39	10,44
2	1,67	<b>312,31</b>	-0,71	-3,77	-2,01
3	-0,16	-	2,73	0,76	-3,68
4	-0,95	-	1,18	0,27	-0,84
5	-0,04	-	-0,74	-0,48	0,98
6	-0,26	-	0,45	0,50	-1,00
7	-0,07	-	-0,22	0,09	-0,08
8	0,54	-	2,37	-1,37	2,63
9	-0,01	-	-0,70	1,09	-1,89
10	-0,43	-	12,74	5,82	<b>-8,25</b>
11	0,73	-	2,12	-8,39	3,19
12	-1,06	-	-1,39	9,12	-3,50
13	0,50	-	-6,61	<b>-12,52</b>	6,94
14	-1,38	-	2,29	4,48	-5,89
15	0,17	-	-1,66	1,94	-0,58
16	-0,62	-	-0,83	5,54	-1,60
17	0,51	-	1,17	-10,29	4,43
18	-0,27	-	-1,57	-0,57	1,23
19	-0,15	-	0,92	0,30	-0,70
20	-0,14	-	0,02	0,00	-0,01
21	0,53	<b>-8,77</b>	-0,14	2,75	0,95
22	<b>-1,50</b>	-1,42	<b>-16,48</b>	6,02	<b>15,24</b>
23	0,17	-1,44	-0,74	<b>336,95</b>	2,70
24	-0,43	1,18	-0,67	-	0,22

Tab. 8 – Errori % sui valori medi orari delle frazioni di apporto termico  
13/11/2009 ore 00:00 - 23:59

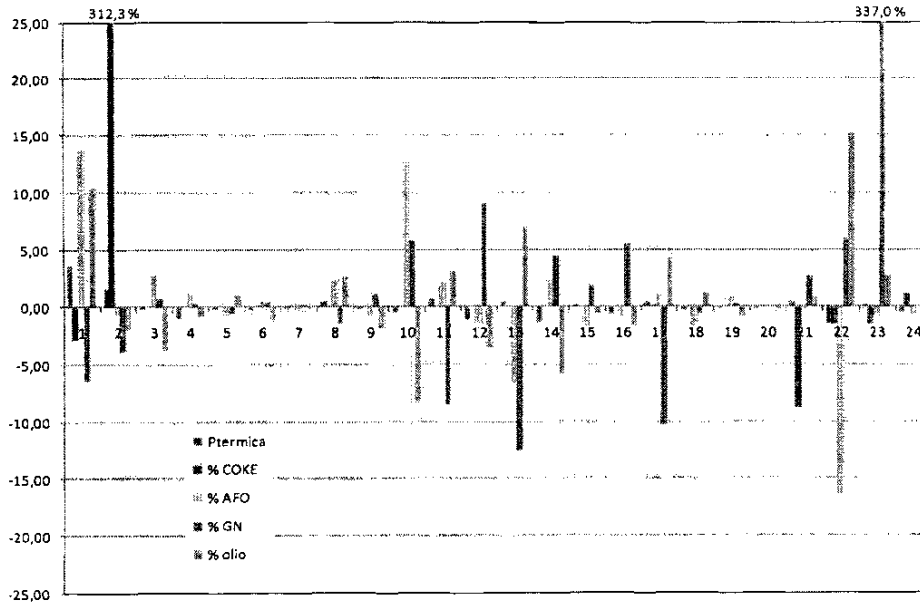


Fig. 7 – Errori % sui valori medi orari delle frazioni di apporto termico  
13/11/2009 ore 00:00 - 23:59

In fig.8 sono riassunte le condizioni di alimentazione del giorno 16/11/2009.

Nella tabella 9 sono riassunti i risultati delle elaborazioni puntuali effettuate per i dodici minuti dalle ore 10.55 alle ore 11.06 mentre nella tabella 10 e nella fig.9 sono riportati i risultati relativi alle medie orarie dell'intera giornata del 16/11/2009.

**Anche in questo caso i risultati puntuali evidenziano scostamenti (e quindi errori) percentuali inammissibili: per le percentuali di apporto termico si arriva anche oltre il 100% ma sono anche del tutto rilevanti gli errori sull'apporto termico complessivo alla caldaia (10%). In termini di medie orarie tali errori si attenuano ma rimangono comunque inammissibili ai fini di una precisa valutazione del limite dinamico.**

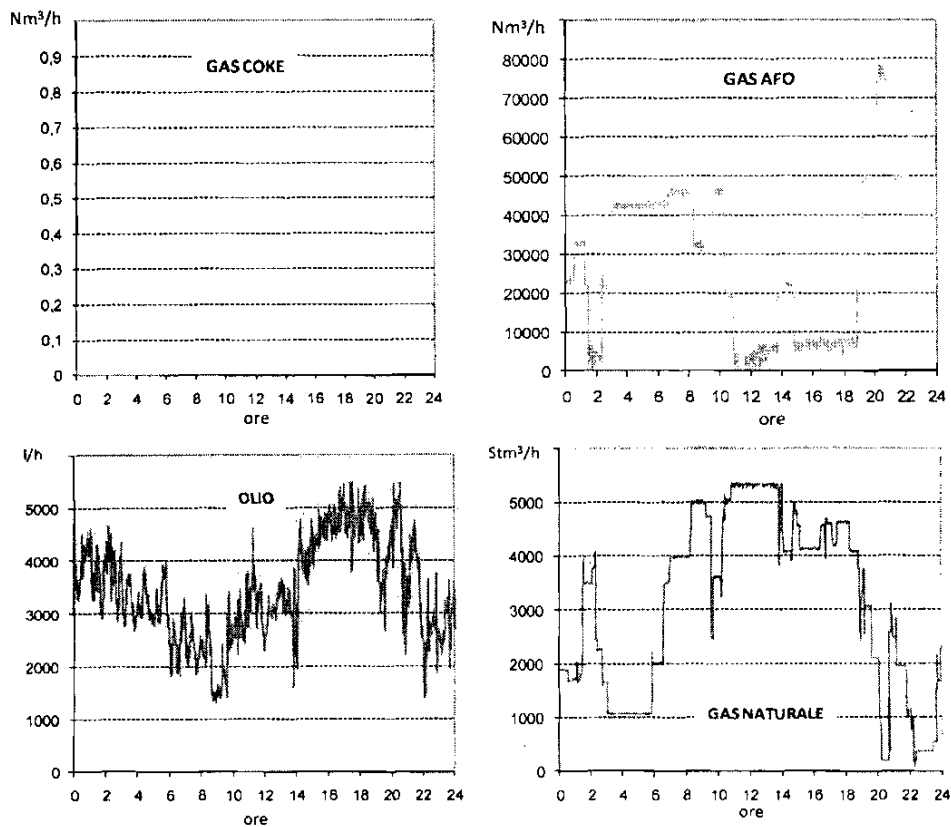


Fig.8 – Condizioni di alimentazione del giorno 16/11/2009

ora	errori percentuali %				
	potenza termica	% COKE	% AFO	% GN	% olio
10:55	-2,20	-	7,44	3,02	-5,98
10:56	<b>7,88</b>	-	100,00	<b>-6,20</b>	-0,64
10:57	3,81	-	54,25	-4,91	4,46
10:58	3,33	-	1,33	-2,94	<b>4,81</b>
10:59	-3,85	-	8,19	2,49	-4,76
11:00	-2,76	-	<b>120,38</b>	2,81	-10,36
11:01	-1,52	-	100,00	0,82	-12,24
11:02	-0,01	-	100,00	-0,03	-10,87
11:03	0,34	-	100,00	-0,39	-4,61
11:04	-3,11	-	-	3,25	-4,55
11:05	-2,55	-	-	2,61	-3,71
11:06	<b>-10,60</b>	-	-	<b>13,24</b>	<b>-15,11</b>

Tab. 9 – Errori % sui valori puntuali delle frazioni di apporto termico 16/11/2009 ore 10:55 – 11:06

media oraria	potenza termica	errori percentuali %			
		% COKE	% AFO	% GN	% olio
1	-0,07	-	0,26	0,31	-0,29
2	-0,67	-	8,90	-1,06	-0,20
3	0,81	-	-3,56	4,89	0,30
4	0,14	-	-0,50	-0,12	0,55
5	0,30	-	-0,27	-0,29	0,38
6	-0,27	-	0,40	-2,73	0,95
7	-1,22	-	0,88	-1,76	1,07
8	0,01	-	1,38	-1,26	0,06
9	0,59	-	-0,32	-0,33	1,28
10	-0,29	-	0,93	0,14	-1,39
11	0,55	-	<b>16,49</b>	-1,01	<b>-2,69</b>
12	0,22	-	<b>-18,47</b>	-0,22	1,30
13	-0,08	-	-1,91	0,06	0,12
14	-0,98	-	-4,95	2,29	-1,33
15	0,42	-	4,48	-0,47	-0,67
16	-0,04	-	3,61	0,05	-0,50
17	0,69	-	0,81	0,76	-0,78
18	0,01	-	0,81	0,10	-0,19
19	0,72	-	-10,25	2,57	<b>1,69</b>
20	-0,55	-	-1,13	<b>7,92</b>	-2,42
21	0,19	-	0,69	-5,29	1,35
22	<b>0,81</b>	-	-2,59	5,37	1,22
23	0,48	-	-0,48	-1,26	1,07
24	-0,29	-	2,60	<b>-5,74</b>	0,04

Tab. 10 – Errori % sui valori medi orari delle frazioni di apporto termico  
16/11/2009 ore 00:00 – 23:59

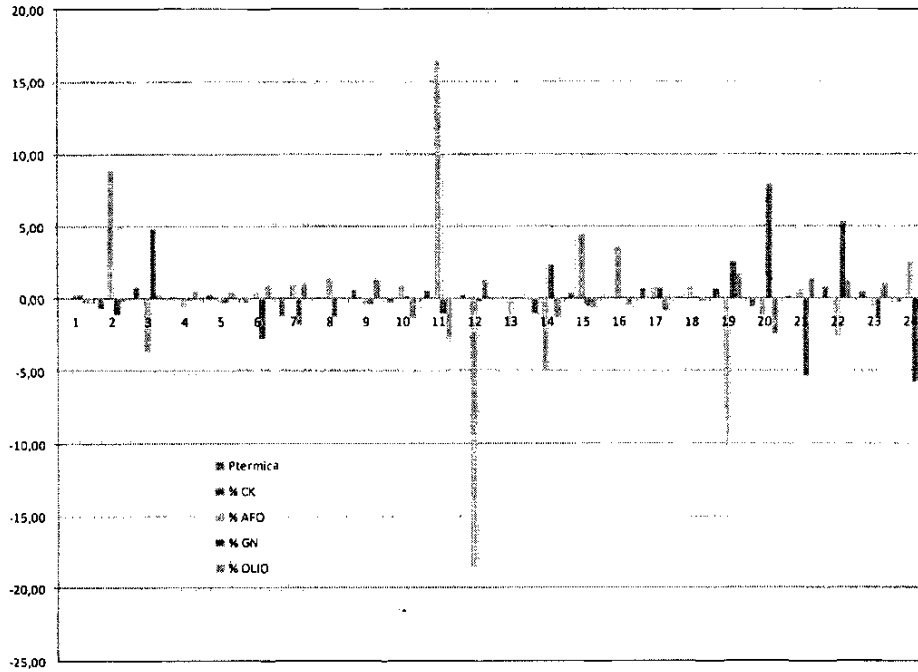


Fig. 9 – Errori % sui valori medi orari delle frazioni di apporto termico  
16/11/2009 ore 00:00 – 23:59



## 5. CONCLUSIONI

L'analisi condotta ed i risultati ottenuti dimostrano che un sistema di controllo delle emissioni in atmosfera dalla centrale CET2 di Piombino basato su limite dinamico è fattibile solamente da un punto di vista teorico, dato che sono disponibili on-line tutte le misure dei parametri necessari al calcolo di tale limite, ma nella pratica risulta improponibile in quanto del tutto inattendibile. I risultati emersi dalle indagini condotte evidenziano infatti che gli sfasamenti temporali connessi ai tempi di risposta della strumentazione ed ai tempi di percorrenza dei fluidi (combustibili, fumi) tra i diversi punti di misura (portate, poteri calorifici, emissioni), uniti alla estrema variabilità in quantità e qualità del mix di combustibili di alimentazione della CET2, comportano che l'emissione misurata al camino ad un certo istante è frutto di un mix di alimentazione completamente diverso da quello derivante dalle misurazioni condotte nello stesso istante di tempo. Quanto affermato emerge dal confronto tra frazioni di apporto termico calcolate da misure effettuate contemporaneamente a quelle relative alle emissioni e frazioni di apporto termico calcolate da misure effettuate in tempi sfalsati rispetto alle emissioni per tener conto dei tempi di risposta della strumentazione e dei tempi di percorrenza dei fluidi (e quindi le reali frazioni di apporto termico che danno luogo all'emissione misurata): *in tutte le elaborazioni effettuate, sia in termini istantanei che su base di media oraria, sono emerse differenze percentuali tra dette frazioni di apporto termico anche superiori al 100% dimostrando così la completa inattendibilità e quindi la non proponibilità tecnica del metodo basato su limite dinamico. Non risulta, infatti, proponibile elaborare limiti di emissione dinamici su base oraria, e quindi su base 48 ore e mensili, se tali elaborazioni sono affette da errori inammissibili dal punto di vista tecnico. E' altresì da considerare che anche dal punto di vista dell'operatore, che gestisce la centrale per mantenere i limiti di emissione entro i valori stabiliti, non disporre di valori puntuali e medi orari attendibili risulta decisamente non sostenibile.*

Quanto ora affermato potrebbe però far pensare ad un metodo basato su limite dinamico calcolato con tempi sfalsati rispetto alla misura delle emissioni al fine di individuare le reali frazioni di apporto termico ad esse associate. Ebbene, quanto emerso dalle indagini condotte ed illustrate nel presente documento, dimostra anche l'impossibilità pratica di applicazione di tale metodo a causa sia della variabilità istantanea di detti sfasamenti, riconducibile soprattutto alla variabilità dei tempi di percorrenza con le portate dei combustibili di alimentazione, sia alla loro variabilità per singola specie inquinante determinata dai diversi tempi di risposta degli analizzatori fumi.

Sulla base di quanto sopra si conclude pertanto che un sistema di un *controllo delle emissioni in atmosfera dalla centrale CET2 di Piombino basato su limite dinamico*, conformemente alle norme fissate per gli impianti multi combustibile dalla Parte I, Allegato II alla Parte V del D.Lgs. n.152/06, *non risulta tecnicamente proponibile.*

Roma, 20 settembre 2010

In fede,

Prof. Ing. Marco GAMBINI



Prof. Ing. Michela VELLINI

